

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.13.010
文章编号: 1005-8982 (2023) 13-0061-05

综述

经直肠弹性成像结合灰阶超声对直肠癌诊断及分期的应用进展*

肖冰心¹, 吴国柱²

(1. 内蒙古科技大学包头医学院 研究生院, 内蒙古 包头 014040; 2. 内蒙古自治区人民医院 超声医学科, 内蒙古 呼和浩特 010017)

摘要: 直肠癌是消化道常见的恶性肿瘤, 弹性成像(UE)作为超声检查的新技术, 可根据直肠肿瘤及周围正常组织的硬度间接判断肿瘤的良、恶性及分期, 辅助传统灰阶超声提高诊断直肠癌的准确率。该文综述经直肠UE技术结合灰阶超声在诊断直肠癌中的应用进展。

关键词: 直肠癌; 经直肠腔内超声; 超声弹性成像; 新辅助化疗
中图分类号: R735.37 **文献标识码:** A

Progress in the application of transrectal elastic imaging combined with gray scale ultrasound in the diagnosis and staging of rectal tumors*

Xiao Bing-xin¹, Wu Guo-zhu²

(1. Graduate School, Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou, Inner Mongolia 014040, China; 2. Department of Ultrasound, Inner Mongolia Autonomous Region People's Hospital, Hohhot, Inner Mongolia 010017, China)

Abstract: Rectal cancer is one of the common malignant diseases of the digestive tract. Elastic imaging (UE), as a new ultrasound technology, can indirectly determine the benign, malignant and staging of the tumor according to the hardness of the rectal tumor and the surrounding normal tissue, and improve the accuracy of the diagnosis of rectal tumor by assisting the traditional gray ultrasound. This article reviews the application of transrectal UE technique combined with gray scale ultrasound in the diagnosis of rectal tumors.

Keywords: colorectal neoplasms; transrectal ultrasound; ultrasonic elastography; neoadjuvant chemoradiotherapy

直肠癌是消化系统常见的恶性肿瘤, 其发病率及病死率在全球恶性疾病中分别居第2位和第5位^[1]。近几年随着我国人民生活质量的提高, 直肠癌发病率逐年递增, 呈年轻化趋势^[2]。目前临床多使用TNM分期指导直肠癌的治疗, 其中判断直肠癌灶浸润的深度(T分期)最重要。临床建议良性直肠

病变或早期直肠癌(T1、T2期)行局部切除术或内镜显微外科手术等治疗, 而对进展期直肠癌(T3、T4期)则建议在新辅助化疗后进行再分期^[3-4]。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)及经直肠腔内超声(transrectal ultrasound, TRUS)被美国国家综合癌症网络2015直肠癌诊疗指南推荐为诊断直肠癌分期的

收稿日期: 2022-12-02

* 基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金项目(No: 2021MS08034)

[通信作者] 吴国柱, E-mail: wugozhu2001@126.com; Tel: 18004853132

首选影像学检查手段。但 MRI 价格较高、可重复性差,其诊断准确性易受肠道蠕动、肿瘤周围炎症病变等影响^[5-6]。TRUS 检查经济、安全,无胃肠气体干扰及腹壁导致的回声衰减,可清晰显示直肠肿瘤及其周围解剖结构,广泛应用于直肠肿瘤的诊断。超声弹性成像(ultrasound elastography, UE)技术提供了病变组织的硬度信息,病变组织的硬度与病理密切相关,因此经直肠的 UE 技术结合灰阶超声是功能学与解剖学的相互结合,能更好地评估直肠肿瘤。本文就 TRUS 结合 UE 在直肠癌诊断中的应用展开综述。

1 UE 的发展概况及原理

1991 年 OPHIR 等^[7]首次提出 UE 的概念,也是最早应用于临床的静态应变式弹性成像(strain elastography, SE),之后随着技术的不断发展,学者们提出动态 UE 技术,包括瞬时 UE、声辐射力成像和剪切波弹性成像(shearwave elasticity imaging, SWE)。其层次关系见图 1。

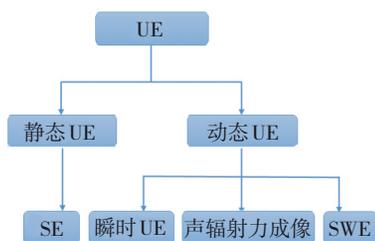


图 1 UE 的组成及其层次关系

目前,瞬时 UE 多用于肝纤维化等疾病的诊断,声辐射力成像多用于肝纤维化、急性淤血肝等疾病的诊断,SE 及 SWE 是目前最成熟的 UE 技术,主要应用于直肠肿瘤的诊断^[8]。SE 是一种基本的定性技术,其原理是借助外力或呼吸运动等给目标组织一个压力,由于目标组织内部弹性硬度不同而产生不同的形变,如脂肪组织受压时较易变形,去掉外力可快速恢复,纤维及肌肉组织弹性小、硬度高,受压不易变形且恢复相对较慢,收集、分析应变前后组织回波信号的差异、获取形变信息,使用颜色编码图及感兴趣区域与周围正常组织的弹性应变率(strain ratio, SR)反映病变组织的硬度^[9-10]。SWE 是一种基于超声波的定量方法,其原理是超声探头及换能器提供低频(50Hz)振动,发射的声辐射脉冲在组织的不同深度连续聚焦,由于“马赫锥”原理,组织粒子因高速振动

从而产生剪切波,通过超高速成像技术精准接收并测量剪切波,使用弹性模量量化组织的硬度^[8]。弹性模量的计算公式是 $E=3\rho c^2$ (E 为弹性模量, ρ 为组织密度, c 为剪切波传播速度)。

2 UE 在直肠肿瘤良、恶性鉴别诊断中的应用

正确判别直肠肿瘤的良、恶性对制订临床治疗方针至关重要。既往研究发现, MRI 及常规二维 TRUS 对直肠良性病变和早期直肠癌的鉴别准确率有限,导致直肠良性肿瘤的过度诊断,使患者接受不必要的直肠切除术,亦或分期不足,导致局部复发的风险增加^[11-12]。应用常规 TRUS 结合 UE 可在清晰显示病灶二维图像的基础上提供病变组织的硬度信息,进一步提高直肠良性病变及早期直肠癌的鉴别诊断。正常的肠壁组织及直肠良性肿瘤组织的结构层次清晰、硬度低,在经直肠 UE 图像中多以红绿相间或绿色为主^[13];当发生直肠腺瘤伴部分恶变时,正常有序的良好组织被癌细胞及纤维组织替代,导致其生物学特性随之改变,在 UE 的彩色编码图中多以蓝色为主,SR 及弹性模量值则随着组织硬度的增加而升高。

2.1 SE 在直肠肿瘤良、恶性鉴别诊断中的应用

弹性成像的彩色编码图反映的并不是病变组织自身的硬度信息,而是与周围解剖结构的相对硬度。早期直肠肿瘤的形态学改变不明显,但病理成分已发生改变,硬度显著增加,与周围正常组织硬度对比明显。李晨等^[14]应用常规 TRUS 结合 UE 实时成像的彩色编码图对直肠良性肿瘤及早期直肠癌进行鉴别诊断,发现病变成分以黏液为主时,硬度较低,以 TRUS 诊断为主、UE 诊断为辅所得的结果更准确;当病变成分以实性为主时,硬度较高;二者综合评估肿瘤良恶性的准确率更高,可为临床进一步诊治提供更多的依据。也有文献指出弹性图中视觉和自动颜色分布之间的相关性较低^[15]。胡剑浩等^[16]使用常规 TRUS 结合 SE 对直肠病变良恶性进行判别时,为降低解释弹性图的主观性,使用 SR 对病变组织进行定性评估,发现腺瘤等良性病变的 SR 值为 (3.62 ± 1.95) , T1 ~ T4 期恶性病变的 SR 值分别为 (25.80 ± 23.00) 、 (45.70 ± 39.90) 、 (61.00 ± 51.20) 和 (60.50 ± 36.20) ,良恶性病灶之间的 SR 值差异有统计学意义,约登指数

为 0.83(取值范围 0~1), 具有较高的真实性。唐雪梅等^[17]则通过不同色彩分布的弹性图及定量分析相结合的方法进行研究, 发现与最大弹性比率(肿瘤最大弹性值/正常组织的弹性值)及最小弹性比率(肿瘤最小弹性值/正常组织的弹性值)相比, 使用局部弹性比率[(最大弹性值-最小弹性值)/正常组织弹性值]诊断直肠病灶时得到了最高的敏感性及特异性, 说明其在评估直肠肿瘤良恶性时具有较高的参考价值。

2.2 SWE 在直肠肿瘤良、恶性鉴别诊断中的应用

SWE 利用探头发射的声辐射脉冲获取形变信息, 通过提供叠加在实时灰度超声图像上的组织弹性彩色图进行定性评估, 运用定量分析系统(Q-box)测量弹性模量, 并以千帕为单位量化硬度, 具有很好的可量化性及再现性。早期直肠癌多为隆起型, 其中以腺瘤伴局部癌变多见, 由于基底黏膜常发生纠集, 常规二维 TRUS 难以清楚显示肌层而导致误诊。李媛等^[18]研究证实在 TRUS 基础上结合 SWE 能显示早期直肠癌的局部硬度增加, 可对良性腺瘤及早期癌性病变作出鉴别诊断。LI 等^[19]也研究了 SWE 鉴别直肠肿瘤良恶性的效能, 发现恶性病变的 SWE 参数值大于良性病变, 且最大弹性模量值(E_{max})与平均弹性模量值(E_{mean})的曲线下面积分别为 0.91 及 0.92, 高于最小弹性模量值(E_{min})的曲线下面积(0.90), 学者们将 E_{max} 、 E_{mean} 、 E_{min} 的临界值分别设定为 63.40、61.30 及 42.30 KPa, 用于直肠肿瘤良恶性的初步诊断, 得到了较高的诊断准确率, 分别为 91.00%、92.00%、90.00%。但 SWE 诊断直肠病变时参数的选择存在较大争议, 以 E_{max} 为评估参数的学者认为, E_{mean} 是通过勾勒病变组织边界求得平均硬度, 但病灶的硬度并不都是均匀的, 若面积过大、病灶边界不清会导致勾勒困难^[19]; 也有学者分析数据得出相较于 E_{max} 、 E_{mean} 的曲线下面积较大、诊断性能更好^[20]。因此, 最优参数的选择需进一步探讨。

3 UE 在早期直肠癌及进展期直肠癌诊断中的应用

3.1 SE 在早期直肠癌及进展期直肠癌诊断中的应用

在早期直肠癌和进展期直肠癌的分期诊断中, T2、T3 期的正确鉴别尤为重要, 但也难度最大。CHEN 等^[21]研究发现, 在 MRI 及 TRUS 检查中,

T2 期的直肠病灶由于受周围炎症反应和纤维组织增生的影响, 导致声像图与肿瘤肠外浸润时表现类似, 易被高估为 T3 期, 导致不必要的术前放化疗; T3 期的癌性组织浸润直肠周围脂肪时易被低估为 T2 期, 使患者错过最佳的治疗时机。姜桂艳等^[22]运用常规 TRUS 结合 SE 对直肠癌患者进行术前分期检查发现, 早期直肠癌的弹性评分(2.77 ± 1.03)分低于进展期的直肠癌(4.16 ± 0.90)分, 两组病灶间的弹性评分差异有统计学意义, 证实常规 TRUS 结合 SE 可在术前对早期直肠癌及进展期直肠癌进行准确分期。吴明晓等^[23]研究发现运用 SE 检查进展期直肠癌, 能够获得部分肠壁结构边缘的红色条带样结构消失、癌组织形成的蓝色区域侵入直肠周围组织和器官的典型影像诊断依据, 有利于鉴别早期直肠癌及进展期直肠癌。

3.2 SWE 在早期直肠癌及进展期直肠癌诊断中的应用

SWE 可清晰显示直肠肿瘤和瘤周脂肪之间硬度的差异, 当肿瘤微侵袭瘤周脂肪时, 局部瘤周脂肪在二维 TRUS 声像图呈现典型低回声之前, 其质地会先一步变硬, 因此 SWE 可以更早更准确地描述癌性病变的微侵袭。程美清等^[24]的研究验证了这一观点, TRUS 联合 SWE 对直肠癌 T2 期的准确率达 89.00%, 高于 TRUS(64.00%)和 MRI(54.00%), TRUS 结合 SWE 对直肠癌 T₃ 期的诊断准确率稍低于 MRI, 但差异无统计学意义。张珊珊等^[25]研究发现, 在运用 TRUS 结合 SWE 诊断直肠癌的过程中, 随着直肠癌 T 分期的增加, 直肠癌病灶、肠周脂肪及直肠壁的硬度值也随之升高, 且不同分期之间的弹性模量值差异具有统计学意义, 进一步证实了 SE 在直肠癌分期诊断中的实用性。

4 UE 在直肠癌新辅助放化疗后再分期中的应用

4.1 SE 在直肠癌新辅助放化疗后再分期中的应用

新辅助放化疗已经成为进展期直肠癌的标准治疗方案, 主要包括术前短程放疗、术前长期同步放化疗等^[26], 根据患者的肿瘤异质性制订个性化方案, 达到降低分期、提高手术切除率等目的。既往研究表明, 在新辅助放化疗后常规 TRUS 及 MRI 对直肠癌的分期确诊率显著降低, 其原因可能与放化

疗后肿瘤细胞变性坏死、局部肠壁挛缩等因素有关,导致影像学表现不典型,出现分期过高或过低的现象;另一方面并非所有的直肠癌患者新辅助治疗后病情得到缓解,因此临床迫切需要一种影像诊断方法对新辅助放化疗后的直肠癌进行准确再分期,以便及时调整治疗方案^[27]。丛悦等^[28]对直肠腔内 SE 在直肠癌新辅助放化疗后的应用价值进行了探讨,发现以 $SR \geq 2.78$ 为临界值时(即 $SR < 2.78$ 诊断新辅助治疗后的病灶为 T0~T2 期, $SR \geq 2.78$ 诊断新辅助治疗后的病灶为 T3 期),能够纠正部分应用常规 TRUS 致分期错误的病例。在 SE 的检查中计算 SR 多使用瘤周正常组织作为参照,但在新辅助放化疗后,常导致瘤周组织纤维化、硬度增加,因此单纯依据 SR 值诊断直肠癌分期时其结果的准确性将受到一定影响。为降低瘤周正常组织硬度改变对 SR 值产生的影响,仲光熙等^[29]依据 SR 降幅(SR 差值与新辅助放化疗前病灶的 SR 比值)诊断直肠癌新辅助放化疗后是否发生降期,取 SR 降幅 33.80% 为临界值,实验结果所得的各项数值多数高于应用常规二维 TRUS 的,证实 SE 可在直肠癌放化疗后辅助临床制订治疗方案、评估预后。

4.2 SWE 在直肠癌新辅助放化疗后再分期中的应用

要提高直肠癌新辅助放化疗后的分期准确率,时机的评估也至关重要。RAFAELSEN 等^[30]通过对比新辅助放化疗过程中超声测量的弹性模量值与基于 T 分期及肿瘤消退分级的肿瘤反应,发现弹性模量值随化疗周期进行性下降,得出放化疗两周后是诊断直肠癌分期最佳时期的结论,证实 SWE 可早期预测病理分期。丛悦等^[31]将 73 例局部进展期直肠癌患者依据新辅助放化疗后的术后病理结果分为降期组及未降期组并进行分析,发现降期组及未降期组的 Emean 及 Emax 差值比较有统计学意义[降期组 Emean 及 Emax 的差值为 (30.60 ± 13.30) 、 (41.80 ± 21.50) KPa; 未降期组 Emean 及 Emax 的差值为 (12.40 ± 11.70) 、 (23.50 ± 22.80) KPa],并提出以 $E_{mean} \geq 34.70$ KPa 为临界值判断放化疗后 T 分期是否降期,所得的准确率、敏感性及特异性等均较常规 TRUS 有所提高。学者们使用 TRUS 结合不同的 UE 技术在直肠肿瘤诊断中的效能见表 1。

表 1 各学者使用 TRUS 结合 UE 对直肠癌分期的诊断效能

作者	年份	诊断技术	检验结果变量	准确性	敏感性	特异性
李晨等 ^[14]	2017	TRUS+SE	SR	0.80	0.82	0.67
胡剑浩等 ^[16]	2016	TRUS+SE	SR	0.90	0.83	1.00
唐雪梅等 ^[17]	2016	TRUS+SE	局部 SR	-	0.90	0.71
李媛等 ^[18]	2018	TRUS+SWE	E _{max} /E _{mean}	0.91	0.90	0.92
LI 等 ^[19]	2019	TRUS+SWE	E _{max} /E _{mean}	0.91	0.93	0.83
姜桂艳等 ^[22]	2017	TRUS+SE	弹性评分	0.93	0.86	0.96
吴明晓等 ^[23]	2016	TRUS+SE	SR	0.96	0.98	0.75
程美清等 ^[24]	2021	TRUS+SWE	E _{mean}	0.84	-	-
张珊珊等 ^[25]	2021	TRUS+SWE	E _{max} /E _{mean}	0.95	0.97	0.87
丛悦等 ^[28]	2017	TRUS+SE	SR	0.70	0.65	0.88
仲光熙等 ^[29]	2016	TRUS+SE	SR 降幅	0.69	0.64	0.86
RAFAELSEN 等 ^[30]	2013	TRUS+SWE	弹性模量值	-	-	-
丛悦等 ^[31]	2019	TRUS+SWE	E _{max} /E _{mean}	0.89	0.88	0.94

5 UE 在诊断直肠肿瘤中的局限性

目前该技术的应用尚存在一定局限性:①SE 主观性大,对操作者的经验依赖性强;②SWE 诊断结果的准确性易受病灶深度及大小的限制;③针对同一病灶不同厂商设备所测量的弹性结果有所差异,同一设备不同 UE 技术判断病灶性质的标准也不完全统一。因此有必要投入大量样本进行研究,针对不同的设备及同一设备不同的 UE 技术建立一套行之有效的直肠肿瘤诊断标准。

综上所述,与灰阶超声和 MRI 相比,UE 作为一项无创、操作简单的高新技术,可有利于彩色编码图、弹性成像评分,SR 值及弹性模量值等辅助 TRUS 提高直肠肿瘤良恶性鉴别、术前直肠癌分期和新辅助放化疗后再分期的准确性,弥补了 TRUS 检查中病灶边界和正常组织分辨不清、诊断结果主观性高等缺陷,具有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] 张世瑶,陈培培,李莉,等.老年营养风险指数联合血浆纤维蛋白原与白蛋白比值对放化疗老年直肠癌患者的预后价值[J].中国现代医学杂志,2023,33(2):6-12.
- [2] 王硕,杨其贤,殷旭薇,等.RasGRF1 在结直肠癌细胞中的表达及其对癌细胞生物学行为的影响[J].中国现代医学杂志,2022,32(6):44-48.
- [3] 宋文先,尚辉辉,段军.内镜下黏膜切除术和黏膜下剥离术治疗

- 结直肠肿瘤性病变的临床研究[J]. 临床内科杂志, 2019, 36(5): 350-351.
- [4] OSMAN A M, EL SHIMY A, ABD EL AZIZ M M. 2D shear wave elastography (SWE) performance versus vibration-controlled transient elastography (VCTE/fibroscan) in the assessment of liver stiffness in chronic hepatitis[J]. *Insights Imaging*, 2020, 11(1): 38.
- [5] HAANEN J B A G, CARBONNEL F, ROBERT C, et al. Management of toxicities from immunotherapy: ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up[J]. *Ann Oncol*, 2017, 28(suppl_4): iv119-iv142.
- [6] CHAN B P H, PATEL R, MBUAGBAW L, et al. EUS versus magnetic resonance imaging in staging rectal adenocarcinoma: a diagnostic test accuracy meta-analysis[J]. *Gastrointest Endosc*, 2019, 90(2): 196-203.e1.
- [7] OPHIR J, CÉSPEDES I, PONNEKANTI H, et al. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues[J]. *Ultrason Imaging*, 1991, 13(2): 111-134.
- [8] 李健明, 胡向东, 张岩峰, 等. 剪切波弹性成像的影响因素分析[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(8): 565-567.
- [9] HUANG Z P, ZHOU J, LU X, et al. How does liver steatosis affect diagnostic performance of 2D-SWE. SSI: assessment from aspects of steatosis degree and pathological types[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(5): 3207-3215.
- [10] DEURDULIAN C, GRANT E G, TCHELEPI H, et al. Assessment of fibrosis in liver transplant recipients: diagnostic performance of shear wave elastography (SWE) and correlation of SWE findings with biopsy results[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 213(6): W264-W271.
- [11] DETERING R, van OOSTENDORP S E, MEYER V M, et al. MRI cT1-2 rectal cancer staging accuracy: a population-based study[J]. *Br J Surg*, 2020, 107(10): 1372-1382.
- [12] O'CONNELL E, GALVIN R, MCNAMARA D A, et al. The utility of preoperative radiological evaluation of early rectal neoplasia: a systematic review and meta-analysis[J]. *Colorectal Dis*, 2020, 22(9): 1076-1084.
- [13] CEBULA M, KUFEL J, GRAŻYŃSKA A, et al. Intestinal elastography in the diagnostics of ulcerative colitis: a narrative review[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(9): 2070.
- [14] 李晨, 吴明晓, 罗晓捷, 等. 经直肠腔内超声及实时组织弹性成像在老年人直肠肿瘤良恶性诊断中的应用[J]. *中华老年医学杂志*, 2017, 36(12): 1335-1339.
- [15] ALLGAYER H, IGNEE A, DIETRICH C F. Endosonographic elastography of the anal sphincter in patients with fecal incontinence[J]. *Scand J Gastroenterol*, 2010, 45(1): 30-38.
- [16] 胡剑浩, 吕江红, 苏娟, 等. 直肠良恶性肿块 85 例超声弹性成像分析及其对直肠癌术前 T 分期准确性初探[J]. *中华消化杂志*, 2016, 36(12): 837-839.
- [17] 唐雪梅, 孔鹏飞, 顾鹏, 等. 经直肠实时组织弹性成像对直肠良恶性病灶鉴别诊断的价值[J]. *中华消化病与影像杂志(电子版)*, 2016, 6(1): 4-6.
- [18] 李媛, 卢漫, 刘春, 等. 剪切波弹性成像在直肠肿瘤鉴别诊断中的应用价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2018, 34(3): 265-268.
- [19] LI T T, LU M, LI Y, et al. Quantitative elastography of rectal lesions: the value of Shear wave elastography in identifying benign and malignant rectal lesions[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2019, 45(1): 85-92.
- [20] FAN Z H, CONG Y, ZHANG Z Y, et al. Shear wave elastography in rectal cancer staging, compared with endorectal ultrasonography and magnetic resonance imaging[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2019, 45(7): 1586-1593.
- [21] CHEN L D, WANG W, XU J B, et al. Assessment of rectal tumors with shear-wave elastography before surgery: comparison with endorectal US[J]. *Radiology*, 2017, 285(1): 279-292.
- [22] 姜桂艳, 张英霞. 耦合剂充盈法腔内超声联合弹性成像在直肠癌分期中的应用[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2017, 28(12): 861-864.
- [23] 吴明晓, 戴维德, 李晨, 等. 经直肠腔内超声实时组织弹性成像在老年人进展期直肠癌分期诊断中的初步应用[J]. *中华老年医学杂志*, 2016, 35(5): 521-524.
- [24] 程美清, 吴少虹, 潘嘉敏, 等. 剪切波弹性成像在直肠癌 T 分期中的应用价值[J]. *新医学*, 2021, 52(11): 835-840.
- [25] 张珊珊, 李诺, 刘露, 等. 经直肠超声结合剪切波弹性成像在直肠癌诊断及 TNM 分期中的应用[J]. *中国现代医学杂志*, 2021, 31(14): 20-24.
- [26] 姜玉娟, 周思成, 裴炜, 等. 局部进展期直肠癌新辅助治疗策略研究进展[J]. *肿瘤防治研究*, 2022, 49(3): 235-239.
- [27] 朱琳, 严琪. 超声弹性成像及超声造影定量评价直肠癌新辅助治疗疗效的可行性分析[J]. *现代消化及介入诊疗*, 2019, 24(1): 88-90.
- [28] 丛悦, 廖盛日, 范智慧, 等. 经直肠腔内超声弹性成像在局部进展期直肠癌新辅助化疗后的应用研究: 与病理对照[J]. *中华超声影像学杂志*, 2017, 26(10): 882-886.
- [29] 仲光熙, 吕珂, 戴晴, 等. 直肠腔内弹性成像对直肠癌新辅助治疗后肿瘤浸润深度降期的评估[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2016, 13(1): 51-55.
- [30] RAFAELSEN S R, VAGN-HANSEN C, SØRENSEN T, et al. Ultrasound elastography in patients with rectal cancer treated with chemoradiation[J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82(6): 913-917.
- [31] 丛悦, 范智慧, 戴莹, 等. 应用剪切波弹性成像技术评价局部进展期直肠癌新辅助化疗后病灶的初步经验[J]. *中华超声影像学杂志*, 2019, 28(10): 901-906.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 肖冰心, 吴国柱. 经直肠弹性成像结合灰阶超声对直肠癌诊断及分期的应用进展[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(13): 61-65.

Cite this article as: XIAO B X, WU G Z. Progress in the application of transrectal elastic imaging combined with gray scale ultrasound in the diagnosis and staging of rectal tumors[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2023, 33(13): 61-65.